بررسی امکان تشخیص تقلبات عسل با استفاده از مدلسازی ماشین های بردار پشتیبان

زهرا فرهادیان [۱]، مسعود هنرور [۲*]

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد واحد شهر قدس، تهران، ایران
۲- دانشیار دانشکده علوم و مهندسی صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
(تاریخ دریافت: ۰٦/۰۷/ ۹٤ تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۸/۱۷)

چکیده

عسل به عنوان یک محصول غذایی غنی از انواع ترکیبات پر ارزش از سال ها پیش به عنوان یک ماده مقوی و مفید شناخته شده و به واسطه قیمت بالای این فراورده همواره مورد تقلب قرار گرفته است. روش های مختلفی به منظور تشخیص تقلبات عسل مورد بررسی واقع شده است. در این پژوهش برای اولین بار از روش مدلسازی ماشین های بردار پشتیبان (SVM) به عنوان روشی به منظور تشخیص عسل اصل از تقلبی، نوع و درصد تقلب در عسل استفاده شده است. بدین منظور از شربت گلوکز و شربت شکر به عنوان دو شیرین کننده رایج در تقبات عسل با درصدهای مختلف جایگزینی ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ استفاده شد و خصوصیات مختلف فیزیکوشیمیایی عسل ها مورد بررسی قرار گرفت. با استفاده از SVM ، ۲ ویژگی (ویسکوزیته و پارامتر رنگی *L) در تشخیص عسل اصل از تقلبی، ٦ ویژگی (قندهای غیر احیاکننده، ساکارز، هدایت الکتریکی، *L، *b و ویسکوزیته) در تشخیص نوع تقلبات و ٤ ویژگی (قندهای احیا کننده قبل هیدرولیز، قندهای احیا کننده بعد از هیدرولیز، فروکتوز و ضریب شکست) در تشخیص سطوح تقلب، برتر انتخاب شدند. نتایج حاصل از ارزیابی نشان داد که مدل ها توانایی شناسایی عسل های تقلبی نسبت به عسل اصل، نوع تقلب و درصد تقلب را به خوبی و با دقت ۱۰۰درصدی دارند.

کلید واژگان: تقلبات عسل، ماشین های بردار پشتیبان، خصوصیات کیفی عسل، شربت گلوکز

*مسئول مکاتبات: m-honarvar@hotmail.com

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12]

۱- مقدمه

عسل به عنوان یک محصول با منشاء طبیعی، به علت خواص بسیار زیاد تغذیه ای و داروئی و تقاضای زیاد و جایگاه ویژه اش در بین مصرف کنندگان از قیمت نسبتا بالا یی برخوردار است و همواره مورد هدف متقلبان قرار گرفته و باعث شده تا سود جویان در حداقل زمان ممکن، اقدام به تولید عسل های تقلبی نمایند [۱]. تقلب در عسل به دو صورت کلی انجام می شود.

الف) استفاده از شیرین کننده های رایج که بسته به منطقه جغرافیایی و میزان در دسترس بودن آنها ممکن است متفاوت باشند. از جمله این شیرین کننده ها می‌توان به شربت نیشکر، شربت چغندر، شربت ذرت، شربت ذرت با فروکتوز بالا (HFCS)، شربت قند اینورت حاصل از هیدرولیز با اسید و شربت ملاس اشاره کرد که به روش های مختلفی جهت تولید عسل تقلبی به کار می روند و عبارتند از [۲و ۳].

۱-تغذیه زنبور با شربت قند ،۲-مخلوط نمودن عسل طبیعی با شربت قند،۳- تهیه عسل کاملا تقلبی با استفاده از شیره میوه هایی مانند خرما، توت یا از شربت‌های گلوکزی و نشاسته‌ای به همراه رنگ مصنوعی یا رنگ طبیعی [۳و ۲].

ب) اضافه نمودن آب در صورتی که مقدار رطوبت عسل اندک باشد، البته این نوع تقلب با توجه به افزایش احتمال تخمیر معمولا رایج نیست [۳].

طبق مطالعات و بررسی های انجام شده، اغلب تقلبات با استفاده از شیرین کننده هایی همچون شربت شکر و شربت گلوکز صورت گرفته است، زیرا از طرفی امکان دسترسی به این ترکیبات برای زنبورداران و تولیدکنندگان عسل بیش از سایر محلول های قندی دیگر بوده و همچنین از نظر اقتصادی مقرون به صرفه است و حداکثر میزان تولید عسل را در حداقل زمان ممکن میسر می سازند [٤]. ماشین‌های بردار پشتیبان (SVM)[1] یکی از پرکاربردترین تکنیک ها جهت مدلسازی رفتار نرم افزار می باشد. در واقع ماشین های بردار پشتیبان مدل های یادگیری تحت نظارتی هستند که در سال‌های اخیر کارایی خوبی نسبت به روش‌های قدیمی‌تر برای طبقه‌بندی از جمله شبکه‌های عصبی پرسپترون نشان داده است. از الگوریتم SVM در هر جا که نیاز به تشخیص الگو یا طبقه‌بندی در طبقه‌های خاص باشد می‌توان استفاده کرد [٦و ٥]. در این پژوهش از ماشین‌های بردار پشتیبان به دو منظور استفاده گردید: ۱-مشخص نمودن ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی برتر در تشخیص تقلب و تعیین سطح هر یک از آنها، ۲-ارائه مدل طبقه‌بندی به منظور تشخیص نمونه‌های عسل اصل از تقلبی، ارائه مدل طبقه‌بندی جهت تشخیص نوع تقلب در نمونه‌های عسل تقلبی و نیز ارائه مدل رگرسیون به منظور تعیین میزان سطح ناخالصی در نمونه‌های عسل تقلبی.

ویژگیهای فیزیکی و شیمیایی (میزان رطوبت، قند، ویسکوزیته، pH و هدایت الکتریکی) نمونه عسل های شمال نیجریه توسط برخی محققان مورد بررسی قرار گرفت. نتایج ارزیابی‌های فیزیکی و شیمیایی نشان داد مقدار رطوبت نمونه ها از ۱۸/۲۲ تا ۳٦/۸۲ درصد و مقدار بریکس از ٦۳/۸۲ تا ۸۰/۳۵ متفاوت بود. با تهیه غلظت‌های مختلف نمونه‌ها و در نتیجه با افزایش مقدار آب در نمونه‌ها میزان بریکس و ویسکوزیته کاهش معنی داری نشان داد .مقادیر pH با افزایش میزان آب افزایش یافت و همچنین ثابت شد که هدایت الکتریکی با نسبت ترکیبات جزئی موجود در عسل در ارتباط می باشد. نتایج نشان داد که میزان رطوبت می تواند به عنوان فاکتوری به منظور شناسایی نمونه عسل‌های تقلبی مورد استفاده قرار گیرد [۷].

ال بیالی و سرور[2] (۲۰۱۱) ، ویژگیهای فیزیکی و شیمیایی (ضریب شکست، رطوبت، مواد جامد محلول، دانسیته، وزن مخصوص، خاصیت موئینگی، کشش سطحی و pH) و رئولوژیکی نمونه های عسل خالص و تقلبی را با اضافه کردن چهارماده مختلف نشاسته،گلوکز، ملاس چغندرقند و آب مقطر مورد بررسی قرار دادند که نتایج تفاوت هایی را در ویژگی های عسل های تقلبی نشان داد و مشخص شد که با بررسی و مقایسه این ویژگیها می توان به تقلبات صورت گرفته پی برد [۸].

اختر و کاتولا[3] (۲۰۱۱)، نمونه‌های عسل مختلف جمع آوری شده از مناطق شمالی پاکستان را مورد بررسی از لحاظ خصوصیات فیزیکوشیمیایی (رطوبت، خاکستر، اسیدیته، قند احیا کننده، قند

1. Support vector machines (SVMs)

2. El Bialee and Sorour

3. Akhter &katullah

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12]

غیر احیا کننده، فعالیت دیاستازی و HMF) و ارزیابی‌های حسی قرار دادند. نتایج نشان داد ارزیابی حسی تنها معیار مناسب بودن محصول نبوده اما می تواند به همراه آنالیزهای فیزیکی و شیمیایی برای تعیین خلوص و کیفیت فراورده‌ای همچون عسل مورد استفاده قرار گیرد. طبق یافته‌های این نویسندگان، نمونه های مناطق Chitral کیفیت بالایی داشتند ولی چهار نمونه عسل تقلبی با ساکارز یافت شد [٤].

بررسی و مطالعات نشان داد که برخی از ویژگی های کیفی عسل در نقاط مختلف دنیا مورد بررسی قرار گرفته که بعضا اثبات تقلب در عسل را به وضوح نشان می دهد ولیکن تاکنون هیچ مطالعه‌ای در ارتباط با تشخیص نوع و درصد تقلبات عسل با استفاده از روش های مدلسازی SVM (ماشین های بردار پشتیبان) بر ویژگی های فیزیکوشیمیایی عسل گزارش نشده است. هدف اصلی از این پژوهش، ارائه مدل ماشین های بردار پشتیبان به منظور ارزیابی و پیش بینی کیفیت عسل جهت تعیین امکان وقوع تقلبات و شناخت افزودنی های مورد استفاده در عسل، و در نهایت ارائه روشی ساده و ارزان قیمت جهت شناسایی تقلبات عسل به منظور کاهش میزان عرضه عسل های تقلبی و حمایت از مصرف کنندگان می باشد.

۲- مواد و روش ها

۲-۱- مواد

در این پژوهش جهت تهیه نمونه های مورد آزمایش، از عسل طبیعی خالص تولید شده در زنبورداری عسل داریوش همدان استفاده شد. به منظور تولید عسل های تقلبی از دو شربت شکر و گلوکز، به عنوان رایج ترین ترکیبات مورد استفاده در تولید عسل های تقلبی استفاده گردید. شربت گلوکز مورد استفاده حاوی بریکس ۸۱/٦ ، DE=٤١/٣ و pH=٥ تولید شده در شرکت گلوکزان قزوین بود. همچنین به منظور ایجاد تقلب با شربت شکر در نمونه های عسل ، از شربت شکر تهیه شده در آزمایشگاه واحد بسته بندی عسل داریوش همدان بهره گرفته شد که جهت تهیه شربت شکر از شکر خالص (با نام تجاری رنکس) تولید شده در شرکت دالین مهر کرج و از آب مقطر دو بار تقطیر تولید شده در آزمایشگاه واحد بسته بندی عسل داریوش همدان استفاده شد. مواد شیمیایی مورد استفاده نیز، همچون سولفات مس، تارتارات مضاعف سدیم و پتاسیم، اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال، سود ۵۰٪، سود ۰/۱ نرمال، محلول ید ۰/۱ نرمال، اسید سولفوریک ۲ نرمال، چسب نشاسته ۱٪ و استات روی همگی از شرکت مرک[4] آلمان تهیه گردید.

۲-۲-روش ها

۲-۲-۱-روش تهیه عسل های تقلبی

به این منظور ابتدا عسل طبیعی خالص، به ۹ ظرف جداگانه به مقدار لازم منتقل گردید. سپس در ٤ ظرف اول، به ترتیب ۵ ،۱۰، ۱۵و۲۰ ٪ وزن عسل، شربت شکر(اشباع)جایگزین شد و در ٤ ظرف بعدی، به ترتیب ۵ ،۱۵،۱۰و۲۰ ٪ وزن عسل، شربت گلوکز جایگزین و ظرف آخر نیز به عنوان نمونه شاهد در نظر گرفته شد که به آن هیچ گونه ترکیبی اضافه نشد.

۲-۲-۲-روش انجام آزمون های فیزیکوشیمیایی

آزمون های شیمیایی و فیزیکی لازم به منظور تعیین رطوبت، قندهای احیاء کننده قبل از هیدرولیز، قندهای احیاءکننده بعد از هیدرولیز (قند کل)، ساکارز، نسبت فروکتوز به گلوکز، هدایت الکتریکی، pH، اسیدیته، پلاریزاسیون ،دانسیته، ویسکوزیته و رنگ روی هریک از تیمارها انجام شد و تمامی این آزمونها در ۳ تکرار و طبق استاندارد ICUMSA و AOAC انجام گرفت [۹].

۲-۲-۳- روش ها و ابزار تجزیه و تحلیل داده ها

به منظور تجزیه و تحلیل داده ها از طرح بلوک کاملاً تصادفی[5] استفاده شد. همچنین به منظور تجزیه و تحلیل داده های عوامل نوع تقلب و درصد تقلب، طرح آماری فاکتوریل کاملاً تصادفی مورد استفاده قرار گرفت. مقایسه میانگین تیمارها با استفاده از آزمون مقایسه میانگین چند دامنه ای دانکن[6] انجام شد و برای مقایسه میانگین تیمارها با شاهد از آزمون مقایسه تفاوت میانگین دانت استفاده شد. بررسی روابط بین ویژگی های فیزیکی و شیمیایی، با استفاده از همبستگی پیرسون به کمک نرم افزار SAS 9.1 صورت گرفت.

4. Merck
5. Completely Randomized Design (CRD)
6. Duncan

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12]

در این تحقیق به منظور پیش بینی خالص و یا تقلبی بودن عسل ها، نوع و همچنین درصد تقلب، از مدل ماشین‌های بردار پشتیبان استفاده شد، که در مرحله اول آماده سازی داده‌ها انجام گرفت. در ابتدا برای هر یک از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی استخراج شده (۲۰ ویژگی نهایی) یک کد، بر اساس آنچه که در جدول ۱ نشان داده شده است، نسبت داده شد. سپس داده‌های آزمون به دو بخش تقسیم گردید. بخش اول، که مربوط به تشخیص خالص یا تقلبی بودن عسل می‌باشد، یک مسئله از نوع طبقه‌بندی است. در این بخش داده‌های مربوط به نمونه‌های سالم به عنوان طبقه "اصلی" (۱۵ نمونه عسل خالص) و داده‌های مربوط به نمونه‌های حاوی غلظت‌های مختلف گلوکز و شکر به عنوان طبقه "تقلبی" (۶۰ نمونه با ناخالصی شربت گلوکز و ۶۰ نمونه با ناخالصی شربت شکر) درنظر گرفته شد. بخش دوم، که مربوط به تشخیص نوع تقلب می باشد نیز یک مسئله از نوع طبقه‌بندی است.

Table 1 Defined codes for the physical and chemical properties of honey samples

Characteristic name	Characteristic code
Reducing sugars (%)	F1
Total sugars(%)	F2
Non reducing sugars(%)	F3
Sucrose(%)	F4
Glucose(%)	F5
Fructose(%)	F6
Fructose-Glucose ratio (F/G)	F7
pH	F8
Acidity(meq/kg)	F9
Refractive index	F10
Moisture(%)	F11
Brix(%)	F12
Density(g/cm^3) (20°c)	F13
Electrical conductivity (ms/cm)	F14
Ash(%)	F15
L*	F16
a*	F17
b*	F18
Viscosity (pa.s) (22°c)	F19
Polarization	F20

در این بخش داده‌های مربوط به نمونه‌های حاوی غلظت‌های مختلف شربت گلوکز (۶۰ نمونه) به عنوان طبقه "تقلبی ناشی از شربت گلوکز" و داده‌های مربوط به نمونه‌های حاوی غلظت‌های مختلف شربت شکر (۶۰ نمونه) به عنوان طبقه "تقلبی ناشی از شربت شکر" در نظر گرفته شد. بخش سوم، که مربوط به تشخیص میزان ناخالصی های موجود در عسل است، یک مسئله از نوع رگرسیون می باشد. در این حالت دو مجموعه داده از عسل خالص و تقلبی با درصدهای مختلف ناخالصی (از ۵ تا ۲۰ درصد برای هر دو نوع ناخالصی گلوکز و شکر) آماده گردید.

جهت ارزیابی کارایی مدل‌های SVM در تشخیص عسل خالص از تقلبی (طبقه‌بندی) و تشخیص نوع تقلب در نمونه‌های عسل تقلبی (طبقه‌بندی) از سه معیار استفاده گردید: ۱- **حساسیت**[7] که عبارتست از تعداد تصمیم‌های مثبت صحیح تقسیم بر تعداد کل تصمیم‌های مثبت صحیح و منفی ناصحیح، ۲- **اختصاصی‌بودن**[8]، عبارتست از تعداد تصمیم‌های منفی صحیح تقسیم بر تعداد کل تصمیم‌های منفی صحیح و مثبت ناصحیح و ۳- **نرخ طبقه‌بندی کل**[9] که به معنی تعداد کل تصمیم‌های مثبت صحیح تقسیم بر تعداد کل تصمیم‌های مثبت ممکن می باشد. همچنین در این پژوهش از معیارهای ضریب همبستگی[10] و ریشه میانگین مربعات خطا[11] (RMSE) برای بررسی اعتبار نتایج بدست آمده در ارزیابی مدل‌های رگرسیون SVM در تشخیص سطح ناخالصی در نمونه‌های تقلبی عسل استفاده گردید.

۳- یافته‌ها

۳-۱-نتایج آزمون‌های فیزیکوشیمیایی

یافته های حاصل از بررسی خصوصیات کیفی نمونه خالص و نمونه های تقلبی عسل نشان داد که تفاوت معنی داری در میزان قندهای احیاکننده قبل از هیدرولیز، قندهای احیاکننده بعد از هیدرولیز، قندهای غیر احیاکننده، ساکارز، گلوکز، فروکتوز، نسبت فروکتوز به گلوکز، pH، اسیدیته، ضریب شکست، رطوبت، بریکس، دانسیته، هدایت الکتریکی، خاکستر، مولفه های رنگی *L، *a و *b، ویسکوزیته و پلاریزاسیون عسل خالص و عسل های تقلبی در سطح ۱٪ وجود داشت و این یافته ها هم راستا با نظر دیگر محققان بود [۱۴-۱۰].

7. Sensitivity
8. Specificity
9. Total classification rate (TCR)
10. Correlation coefficient (r)
11. Root mean square error (RMSE)

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12]

۳-۲- نتایج حاصل از SVM در انتخاب ویژگی های برتر و سطح آن

۳-۲-۱-نتایج حاصل از SVM در طبقه‌بندی عسل اصل از تقلبی

نتایج حاصل از مدل‌طبقه‌بندی عسل اصل از تقلبی در نمودار ۱ نشان داده شده است.

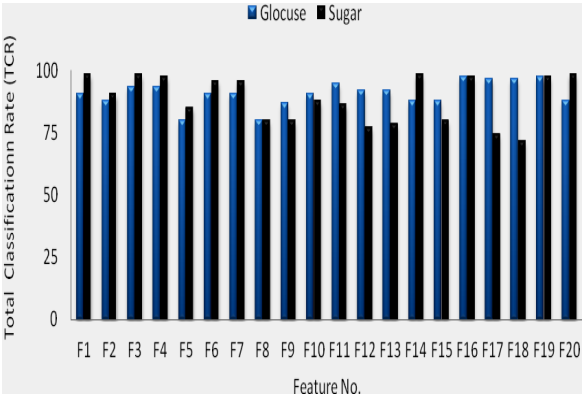

Fig 1 The results of SVM in the classification of original from adulterated honey (due to the addition of glucose or sugar syrup) by using the examined characteristics individually

نتایج حاصل از مدل‌های طبقه‌بندی نشان داد که در مورد عسل‌های تقلبی (با هر دو نوع ناخالصی ناشی از افزودن گلوکز و شکر)، بیشتر ویژگی‌های استخراج شده توانایی جداسازی عسل اصل از تقلبی را دارند؛ از این میان ویژگی‌های F16 (L*) و F19 (ویسکوزیته) به عنوان ویژگی‌های برتر، جهت ایجاد مدل‌طبقه‌بندی نهایی تشخیص عسل اصل از تقلبی انتخاب گردید که در مجموع حداکثر نرخ طبقه بندی کل را برای هر دو نوع ناخالصی شربت شکر و شربت گلوکز نسبت به سایر ویژگی ها داشتند.

۳-۲-۲- نتایج حاصل از SVM در طبقه‌بندی نوع تقلب در عسل

نتایج حاصل از مدل‌طبقه‌بندی نوع تقلب در عسل در نمودار ۲ نشان داده شده است. نتایج حاصل از مدل‌های طبقه‌بندی نشان داد که در تشخیص نوع تقلب در عسل، هر کدام از ویژگی‌های F3 (قندهای غیر احیاکننده)، F4 (ساکارز)، F14 (هدایت الکتریکی)، F16 (L*)، F18 (b*) و F19 (ویسکوزیته) به خوبی و با بیشترین میزان نرخ طبقه‌بندی کل (۱۰۰ درصد) توانایی جداسازی نمونه‌های عسل تقلبی ناشی از افزودن گلوکز را از عسل تقلبی ناشی از افزودن شکر دارند و در نهایت به عنوان ویژگی‌های برتر، جهت ایجاد مدل‌های طبقه‌بندی نهایی تشخیص نوع تقلب انتخاب گردیدند.

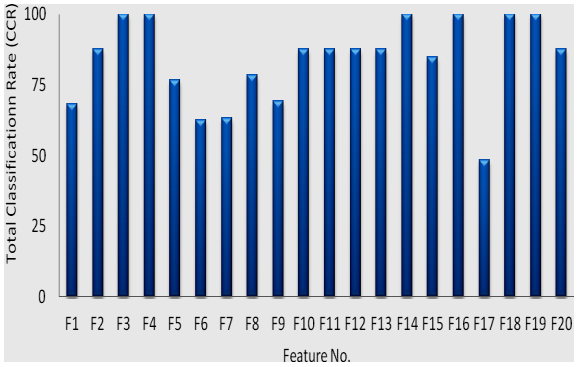

Fig 2 The results of SVM in categorizing the type of adulteration (due to the addition of glucose or sugar syrup) in honey using the examined characteristics individually

۳-۲-۳- نتایج حاصل از SVM در پیش‌بینی درصد ناخالصی موجود در عسل تقلبی

نتایج حاصل از مدل‌پیش‌بینی سطوح ناخالصی موجود در عسل تقلبی در نمودارهای ۳ و ٤ نشان داده شده است. با توجه به نتایج بدست آمده در مورد تقلب ناشی از ناخالصی گلوکز (نمودار ۳)و ناخالصی شکر (نمودار ٤)، ویژگی‌های F1 (قندهای احیا کننده قبل از هیدرولیز)، F2 (قندهای احیا کننده بعد از هیدرولیز (قندهای کل)، F6 (فروکتوز) و F10 (ضریب شکست) ویژگی‌های برتری بودند که در مقایسه با سایر خصوصیات، ضریب همبستگی بالاتر و خطای پیش‌بینی کمتری را داشتند. در مرحله بعد از این چهار ویژگی انتخاب شده به منظور ایجاد مدل پیش‌بینی نهایی سطح ناخالصی در عسل استفاده گردید.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12]

۳-۳- نتایج ارزیابی مدل های SVM

۳-۳-۱- نتایج ارزیابی مدل SVM در تشخیص عسل اصل و تقلبی

نتایج ماتریس اغتشاش و معیارهای ارزیابی مربوط به طبقه‌بندی عسل اصل و تقلبی با **SVM** در جداول ۲ و ۳ نشان داده شده است. در ارزیابی مدل‌های SVM ، نتایج ماتریس اغتشاش نشان داد که از مجموع ۷۵ نمونه عسل (۱۵ نمونه عسل اصل و ۶۰ نمونه عسل تقلبی ناشی از شربت گلوکز) مدلSVM توانست ۱۵ نمونه عسل اصل و ۶۰ نمونه عسل تقلبی ناشی از شربت گلوکز را به خوبی تشخیص دهد، همچنین نتایج نشان داد از مجموع ۷۵ نمونه عسل (۱۵ نمونه عسل اصل و ۶۰ نمونه عسل تقلبی ناشی از شربت شکر) مدلSVM توانست ۱۵ نمونه عسل اصل و ۶۰ نمونه عسل تقلبی ناشی از شربت شکر را نیز به خوبی تشخیص دهد.

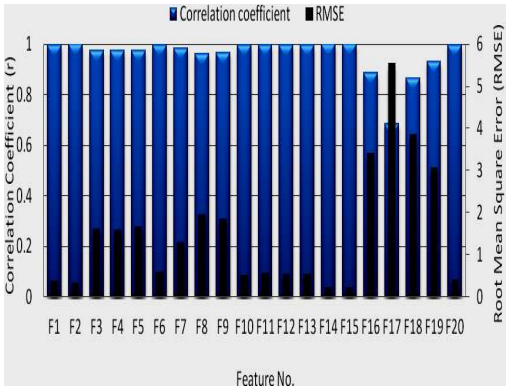

Fig 3 The results of SVM in predicting the amount of glucose in adulterated honey by using the examined characteristics individually

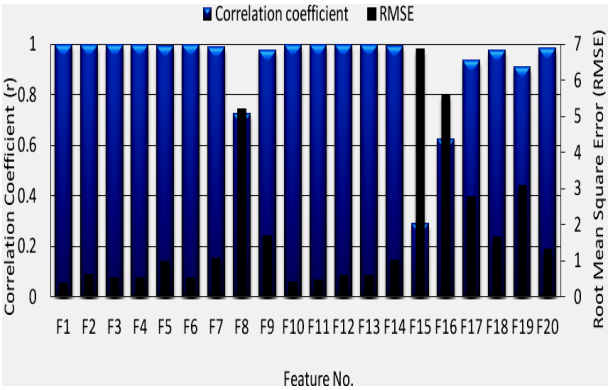

Fig 4 The results of SVM in predicting the amount of sugar in adulterated honey by using the examined characteristics individually

Table 2 The confusion matrix related to the classification of Original honey and Adulterated honey with SVM

SVM output (Sugar syrup)		SVM output (Glucose syrup)		Real output
Original honey	Adulterated honey	Original honey	Adulterated honey	
15	**0**	**15**	**0**	Original honey
0	**60**	**0**	**60**	Adulterated honey

Table 3 Evaluation criteria related to classification of original and adulterated honey with SVM

Classification labe	Glucose syrup			Sugar syrup		
	Sensitivit (%) y	Specificity (%)	Total classification (%) rate	Sensitivi (%) ty	Specificity (%)	Total classification (%) rate
Original honey	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**
Adulterated honey	**100**	**100**		**100**	**100**	

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12]

نتایج حاصل از معیار های ارزیابی مدل در طبقه بندی عسل اصل و عسل تقلبی برای هر کدام از ناخالصی های شربت شکر و شربت گلوکز، نشان داد با توجه به حساسیت ۱۰۰٪ مدل در طبقه بندی ، اختصاصی بودن ۱۰۰٪ مدل در طبقه بندی و ۱۰۰٪ بودن نرخ طبقه بندی کل ، مدل در تشخیص عسل اصل از تقلبی کاملا موفق بوده است.

٤- بحث

نتایج حاصل از مدل‌های طبقه‌بندی نشان داد که در مورد عسل‌های تقلبی (با هر دو نوع ناخالصی ناشی از افزودن گلوکز و شکر)، بیشتر ویژگی‌های استخراج شده توانایی جداسازی عسل اصل از تقلبی را دارند؛ به نحوی که کمترین میزان نرخ طبقه‌بندی کل در تشخیص عسل با افزودنی گلوکز با مقدار ۸۰ درصد مربوط به ویژگی F5 (گلوکز(٪)) و برای عسل با افزودنی شکر با مقدار ۷۲ درصد مربوط به ویژگی F18 (b*) می‌باشد. از آنجایی که هدف یافتن ویژگی‌هایی است که به خوبی عمل طبقه‌بندی را انجام دهد و نیز مستقل از منبع ناخالصی موجود در عسل تقلبی (گلوکز یا شکر) باشد، ویژگی‌های F16 (L*) و F19 (ویسکوزیته) به عنوان ویژگی‌های برتر جهت ایجاد مدل‌های طبقه‌بندی نهایی انتخاب گردید. برتر بودن این ویژگی‌ها نشان می‌دهد که افزودن ناخالصی به عسل (صرفنظر از نوع ناخالصی) منجر به ایجاد تغییر محسوس در رنگ نمونه‌ها (شاخص شدت روشنایی) و نیز تغییر در میزان گرانروی (ویسکوزیته) عسل می‌گردد؛ به گونه‌ای که تغییر در این دو ویژگی شدیدتر از سایر ویژگی‌های اندازه‌گیری شده است.

طبق نتایج حاصل از مدل‌های طبقه‌بندی در تشخیص نوع تقلب در عسل، هر کدام از ویژگی‌های F3 (قندهای غیر احیاکننده)، F4 (ساکارز)، F14 (هدایت الکتریکی)، F16 (L*)، F18 (b*) و F19 (ویسکوزیته) به خوبی و با بیشترین میزان نرخ طبقه‌بندی کل (۱۰۰ درصد) توانایی جداسازی نمونه‌های عسل تقلبی ناشی از افزودن گلوکز از عسل تقلبی ناشی از افزودن شکر را دارد. با توجه به نتایج بدست آمده، مقدار قندهای غیر احیا کننده، ساکارز و L* با افزودن شربت شکر افزایش و با افزودن شربت گلوکز کاهش نشان دادند، هدایت الکتریکی با افزودن شربت شکر کاهش و با افزودن شربت گلوکز افزایش نشان داد، ویسکوزیته و مولفه b* با افزودن شربت شکر و افزودن شربت گلوکز کاهش نشان دادند. اختلاف بین تیمارها برای هر یک از این ویژگی‌ها در سطح ۱درصد معنی‌دار بوده است که نشانگر تفاوت قابل توجه در مقادیر مربوط به ویژگی‌های قندهای غیر احیا کننده، ساکارز، هدایت الکتریکی ،L* ، b* و ویسکوزیته در عسل خالص نسبت به عسل تقلبی می‌باشد. با توجه به توانایی ۱۰۰درصدی هر کدام از ویژگی‌ها در تشخیص نوع تقلب در نهایت با توجه به میزان هزینه آزمایش، امکانات موجود و نیز زمان لازم برای اندازه گیری هر یک ازاین ٦ ویژگی، مناسب ترین ویژگی برای مدل نهایی تشخیص نوع تقلب انتخاب گردید.

در انتخاب ویژگی‌های برتر در تعیین درصد تقلب، ویژگی‌هایی به عنوان فاکتور مناسب قابلیت انتخاب را دارند که دارای مقدار ضریب همبستگی بالا و میزان RMSE پایین باشند. با توجه به نتایج بدست آمده در مورد تقلب ناشی از ناخالصی گلوکز و ناخالصی شکر ، ویژگی‌های F1 (قندهای احیا کننده قبل هیدرولیز)، F2 (قندهای احیا کننده بعد از هیدرولیز (قندهای کل))، F6 (فروکتوز) و F10 (ضریب شکست) ویژگی‌های برتری بودند که در مقایسه با سایر ویژگی‌های ضریب همبستگی بالاتر و خطای پیش‌بینی کمتری را داشتند. در مرحله بعد از این چهار ویژگی انتخاب شده به منظور ایجاد مدل پیش‌بینی نهایی سطح ناخالصی در عسل استفاده گردید.

نتایج مربوط به ارزیابی مدل‌های SVM در تشخیص عسل اصل از تقلبی با استفاده از ۲ ویژگی‌های انتخاب شده حاکی از دقت ۱۰۰ درصدی است. این امر نشان می‌دهد که روش پیشنهادی در این پژوهش قادر است که عسل اصل را به خوبی از عسل تقلبی، صرف نظر از نوع ناخالصی افزوده شده به عسل تشخیص دهد. نتایج مربوط به ارزیابی مدل‌های SVM در تشخیص نوع تقلب در عسل با استفاده از هرکدام از ٤ویژگی‌انتخاب شده نشان دهنده دقت بالایی است و روش پیشنهادی در این پژوهش می تواند به خوبی عسل تقلبی ناشی از افزودن شربت گلوکز را از عسل تقلبی ناشی از شربت شکر تشخیص دهد. همچنین یافته‌های بدست آمده در ارزیابی مدل‌های رگرسیون SVM به منظور پیش‌بینی میزان ناخالصی افزوده شده به عسل (حداکثر ضریب همبستگی و حداقل خطا) نیز بیانگر دقت مناسب روش پیشنهادی، صرفنظر از منشاء ناخالصی در عسل است.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12]

۵- نتیجه گیری

با بررسی ۲۰ ویژگی شیمیایی و فیزیکی عسل در این پژوهش، به خوبی تغییرات و تفاوت ها در ویژگیهای عسل های تقلبی نسبت به عسل اصل و حتی تفاوت ویژگی ها با تغییر نوع تقلب به کار رفته و همچنین تفاوت ویژگی ها با تغییر درصد تقلبات موجود در عسل به خوبی مشاهده گردید که این دستاورد مهم، امکان انجام مدلسازی نهایی را با دقت ۱۰۰ درصدی جهت شناسایی تقلبات فراهم نمود . با توجه به انتخاب ۲ ویژگی برتر (ویسکوزیته و پارامتر رنگ *L) در تشخیص عسل اصل از تقلبی توسط SVM و در نهایت انجام مدلسازی با استفاده از این دو ویژگی انتخاب شده، مدلی بدست آمد که قادر است با استفاده از مجموع این ۲ ویژگی با هم (برای رسیدن به دقت ۱۰۰درصدی)، عسل اصل از تقلبی را به خوبی شناسایی نماید و دیگر نیازی به انجام سایر آزمایشات و صرف وقت و هزینه بیشتر نیست. همچنین SVM در تشخیص نوع تقلبات، ٦ ویژگی قندهای غیر احیاکننده، ساکارز، هدایت الکتریکی، *L، *b و ویسکوزیته را برتر انتخاب کرد که هر کدام از این ویژگی‌ها قادر هستند که به تنهایی و با دقتی بالا نوع تقلب در عسل را شناسایی کنند. با توجه به در نظر گرفتن حداقل هزینه و زمان اندک برای آزمایشات و با عنایت به امکانات موجود می توان یکی از فاکتورهای فوق الذکر را جهت مدلسازی نهایی برای تشخیص نوع تقلبات استفاه نمود و در انتها مدل بدست آمده قادر است به خوبی نوع تقلب (شربت شکر یا شربت گلوکز) را شناسایی کند. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که با داشتن امکانات اولیه آزمایشگاهی و انجام یکسری آزمایشات ساده و روتین و در نهایت مدل سازی SVM می توان به خوبی تقلبات عسل را بدون استفاده از تجهیزات گران قیمت، شناسایی و تعیین نمود.

٦- منابع

[1] Fairchild GF, Capps O, Nichols JP. Impacts of economic adulteration on the US honey Industry: Food and Resource Economics Department, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida; 2000.

[2] Bogdanov S. Authenticity of Honey and Other Bee Products: State of the Art. Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca Animal Science and Biotechnologies. 2009;64(1-2).

[3] Bogdanov S. Honey composition. The honey book. 2009.

[4] Akhter S, Masood S, Ullah S. Physicochemical analysis and sensory evaluation of different samples of honey collected from northern areas of Pakistan. Pakistan Journal of Biochemistry and Molecular Biology (PJBMB). 2011;43(1).

[5] Cristianini N, Shawe-Taylor J. An introduction to support vector machines and other kernel-based learning methods: Cambridge university press; 2000.

[6] Kecman V. Learning and soft computing: support vector machines, neural networks, and fuzzy logic models: MIT press; 2001.

[7] Ajani OO. Physical characterisation of some honey samples from North-Central Nigeria. International Journal of Physical Sciences. 2009;4(9):464-70.

[8] El-Bialee N, Sorour M. Effect of adulteration on honey properties. International Journal of Applied. 2011;1(6).

[9] Wojtczak M. ICUMSA-International Commission for Uniform Methods of Sugar Analysis. Gazeta Cukrownicza. 2003;6(111):191-2.

[10] Nanda V, Sarkar B, Sharma H, Bawa A. Physico-chemical properties and estimation of mineral content in honey produced from different plants in Northern India. Journal of Food Composition and Analysis. 2003;16(5):613-9.

[11] Mendes E, Proença EB, Ferreira I, Ferreira M. Quality evaluation of Portuguese honey. Carbohydrate Polymers. 1998;37(3):219-23.

[12] Anupama D, Bhat K, Sapna V. Sensory and physico-chemical properties of commercial samples of honey. Food Research International. 2003;36(2):183-91.

[13. Bertoncelj J, Doberšek U, Jamnik M, Golob T. Evaluation of the phenolic content, antioxidant activity and colour of Slovenian honey. Food Chemistry. 2007;105(2):822-8.

[14]Ahmed J, Prabhu S, Raghavan G, Ngadi M. Physico-chemical, rheological, calorimetric and dielectric behavior of selected Indian honey. Journal of Food Engineering. 2007;79(4):1207-13.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12]

The Investigation of Possibility of Honey Adulteration Detection Using Support Vector Machine Modeling

Farhadiyan, Z. [1], Honarvar, M. [2*]

1. Master Student, Islamic Azad University of Ghods City, Department of Food Science and Technology, Ghods City, Iran.
2. Assosiate Professor of the College of Food Science and Technology, Tehran Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

(Received: 2015/08/29 Accepted:2016/11/07)

Honey have high nutritional value and unique flavor and because of that, the price of natural honey is relatively much higher than hat of other sweeteners. Honey is susceptible to adulteration with cheaper sweeteners; those that have been detected in adulterated honeys include sugar syrups and glucose syrup. In recent years, several methods have been examined to determine honey adulteration. In this study, the Support Vector Machine (SVM) modeling has been used as a way to determine the type and percentage of adulteration in honey. For this reason, glucose syrup and sugar syrup as common sweetener in honey fraud in different percentages of replacement were used and various physicochemical properties of honey were determined. Using SVM, 2 properties (viscosity and color parameters L *) in the detection of counterfeit honey 6 characteristics (non-reducing sugars, sucrose, electrical conductivity, L *, b * and viscosity) in the detection of adulteration and 4 feature (reducing sugars before hydrolysis, reducing sugars after hydrolysis, fructose and refractive index) in the detection of fraud, were selected. The results of the evaluation showed that the models can detect the counterfeit honey than pure honey, the type of fraud and fraud levels in 100% accurat

Key Word: Honey adulteration, Glucose syrup, Support Vector Machines, Quality parameter of honey

* Corresponding Author E-Mail Address: m-honarvar@hotmail.com

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12]